

## **Control de estabilidad de taludes mediante voladuras de contorno – cámara de aire**

**Benjamín Cebrián Romo<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Director Técnico Blast Consult S.L.. C/ Almazan 50-52 3ºB 28011 Madrid. blast-consult@blast-consult.com

**Palabras clave:** Bolsa Autoinflable, control de daños por voladura, estabilidad de talud

### **1. Daños en el macizo rocoso remanente de una voladura: mecanismos y alcance**

Las voladuras producen daños en el macizo rocoso circundante a la roca arrancada. Los mecanismos de estos son principalmente dos: Los causados por la vibración de alta velocidad y/o baja frecuencia, con la consiguiente aparición de grietas o apertura de las juntas existentes y otro principal es por la acción de los gases de voladura, los cuales provocan un empuje en todas direcciones que puede llegar a afectar seriamente la integridad del macizo rocoso remanente a distancias varias veces superiores a la piedra de diseño de voladura.

### **2. Diseño de voladuras de contorno y adyacentes: objetivo, geología, perforación, explosivos y accesorios especiales**

#### **2.1. Objetivo de las voladuras de contorno**

La voladura de contorno es menos productiva y es más costosa que una voladura convencional. Realizarlas tiene que tener un sentido y un objetivo bien definido: en obra civil será obtener un talud estable durante un largo plazo de tiempo, con la máxima protección frente a caída de rocas sobre estructuras o vías. En minería, el plazo temporal sobre el que se precisa la integridad del talud puede ser menor pero no así la capacidad de las bermas de atrapar rocas desprendidas es de importancia capital para minimizar los costes de saneo y mantenimiento de taludes finales.

En ambos campos de aplicación, el objetivo de las voladuras de contorno debe ser compensar los costes de saneo y mantenimiento de taludes necesarios para garantizar las condiciones de seguridad bajo esos taludes.

#### **2.2. Influencia de la geología en el diseño de voladuras de contorno**

La caracterización de la geología con la que vamos a tratar a la hora de diseñar voladuras de contorno es la primera etapa en el diseño de voladuras de contorno. Tanto los macizos con escasa resistencia (roca blanda y plástica, juntas meteorizadas, presencia de cuevas de arcilla de gran tamaño) o resistencias muy altas (roca dura, juntas muy marcadas y cerradas) presentan los mayores retos en el diseño de voladuras de contorno.

Así, comprendiendo la naturaleza de la roca que va a componer nuestros contornos finales, podremos entender mejor los diseños de perforación, selección del explosivo y uso de

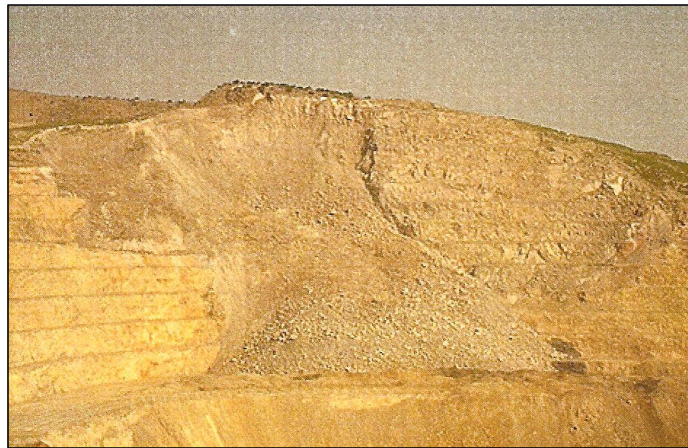
accesorios más adecuados. Esto redundará no sólo en un mejor resultado físico en los taludes y bermas finales, sino también en la economía completa de la operación.

Una roca dura y con juntas cerradas y consistentes precisará de más explosivo, más potente, con elevada energía de tensión y con menos probabilidad de error en su distribución a lo largo del talud. Los macizos blandos o poco consistentes requerirán por el contrario una buena definición del alcance de daños de la voladura para que el saneo por parte de la maquinaria sea uniforme y eficiente.

Debe tenerse también en cuenta que ciertas estructuras rocosas (o zonas de éstas) no son estables una vez retirado el soporte rocoso que se excava, independientemente de un mejor o peor diseño de voladura de contorno, precontorno o adyacentes.



**Figura 1.** Taludes finales de corta previos a la restauración de la mina Chimney Creek (Nevada, EEUU)



**Figura 2.** Ejemplo de un colapso general de un talud. Obsérvese diferente calidad de terminación del talud derecho frente al izquierdo.

### 2.3. Perforación de las voladuras de contorno: malla, número de filas, profundidad, diámetro.

Es corriente hacer hincapié en los detalles más exhaustivos de las voladuras de contorno, entendiéndose por éstas la fila de barrenos de recorte o precorte, sin prestar excesiva atención a las voladuras anteriores a la consecución de este límite final de excavación.

Sin embargo, es de vital importancia entender que la calidad de los contornos pueden verse afectada por las voladuras adyacentes disparadas. En las grandes excavaciones, como pueden ser la minería a cielo abierto o grandes desmontes, las necesidades de producción, la disponibilidad de equipos y explosivos adecuados o costumbres operativas hacen que se disparen en ocasiones voladuras de producción con terminación en talud final. A pesar de haber efectuado una hilera de precorte en el límite final de talud, es difícil que la voladura no dañe y sobrepase (a veces con creces) el límite definido por la línea de barrenos de contorno.

Entendiendo por voladura de contorno aquella que combina una fila de definición de límite final de excavación junto con barrenos de empuje de la roca remanente hasta esta línea, las características básicas de estas voladuras son:

- Buena distribución de la energía: mejor mallas más cerradas, a tresbolillo y con el mínimo retacado que garantice seguridad frente a proyecciones.
- Máximo 3-4 filas de barrenos de producción: el efecto de acumulación de roca entre filas no puede aliviarse indefinidamente mediante el incremento de tiempos entre filas. Las consecuencias sobre el talud final de un explosivo confinado son irremediablemente perjudiciales.
- Profundidad de la perforación: Junto con su emplazamiento, son de vital importancia para no dañar la cresta y la berma remanente del nivel inferior. Este aspecto se descuida habitualmente al buscar un nivel de enrase de piso constante con el área de producción habitual.

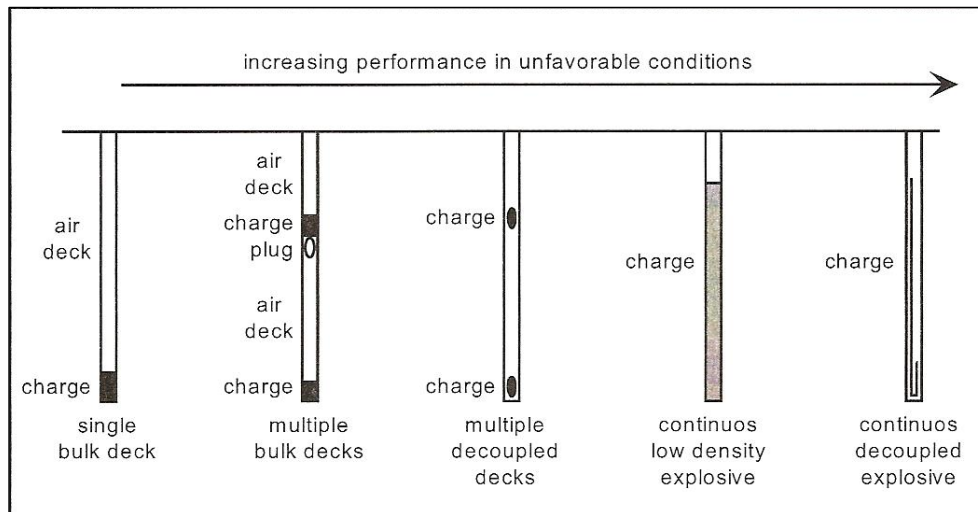
En España, la modalidad de recorte empleada preferiblemente frente al precorte, la utilización de diámetros de perforación pequeños, la disponibilidad de explosivos especiales para estas voladuras y la calidad profesional de algunas empresas de voladuras permiten una gran calidad en la mayoría de las voladuras de contorno. Estas se aplican fundamentalmente a la obra pública, aunque toman importancia de cara al futuro a medio y largo plazo de los nuevos proyectos mineros recién comenzados. Son de destacar, sin embargo, graves deficiencias en los recortes de algunas obras de gran magnitud, como las de los proyectos de Alta Velocidad, cuyos presupuestos no están en consonancia con la calidad obtenida.



**Figuras 4 y 5.** Talud de emboquille de uno de los túneles del AVE a la frontera francesa. Obsérvese la cantidad de irregularidades y protuberancias a pesar de haberse realizado con cordón detonante de alto gramaje.

### 3. Herramientas para la obtención de contorno. Empleo de Bolsas Autoinflables.

Existe un equilibrio entre la calidad deseada de la superficie remanente y el coste asociado a dicha calidad a través de la perforación y carga específica aplicada, así como el correcto diseño y explosivo seleccionado.



**Figura 6.** Técnicas para la voladura de contorno, en orden de rendimiento según condiciones desfavorables, así como de costes (Floyd, 2007)

La gran minería, o las excavaciones de grandes huecos, pueden precisar unos taludes estables relativos al tiempo de duración de la excavación. Se puede sumar el hecho de que los ritmos de producción o la maquinaria disponible no permita diseños más elaborados para los contornos. Se suma a menudo la existencia de grandes máquinas de desmonte no demasiado útiles para trabajos que requieren una mayor precisión como son el saneo de taludes finales. En estos casos, la protección del macizo frente a la vibración de las voladuras anejas, así como una línea de corte más o menos regular, puede conseguirse mediante la utilización de cargas desacopladas.

Frente a la alternativa de empleo de explosivos de baja densidad (nagolita de 0,6 g/cm<sup>3</sup>) o cordones detonantes de alto gramaje, existen casos en los que se puede utilizar un explosivo convencional y una cámara de aire creada por bolsas autoinflables (BAIFs) que actúan “diluyendo” la densidad real durante la detonación. Esto conlleva un efecto de empuje por gases sin la creación de grietas radiales por contacto directo del explosivo y sin los inconvenientes de sobretamaños y empuje desigual de los compartimentos de explosivo separado por arena u otros materiales inertes.

Las BAIFs son un dispositivo con un reactivo líquido y otro sólido que, una vez roto un sello interno de manera manual, comienzan a expandir el gas resultante de la reacción entre ambos. Esto lleva unos segundos, en los que debe introducirse hasta la profundidad deseada dentro

del barreno para luego asegurar su anclaje y rellenar con detritus la distancia deseada. Muchos son los empleos que tienen estos dispositivos (ante cuevas, protección de suelo de banco, disminución de finos, separación explosivo-agua) pero no es objeto de este texto profundizar en esas aplicaciones.



**Figura 7.** Bolsa Autoinflable previa a su activación. Obsérvese el reactivo de color rojo que produce un gas inerte en contacto con el reactivo sólido de color blanco anejo.

### **Referencias**

Floyd, J. *Wall Control Blasting Techniques: Special Blasting Techniques Proceedings* Reno, NV 2007 pp. 1-67.